

La primera etapa de la construcción del ferrocarril metropolitano de Madrid (1917-1944)

Susana Olivares Abengozar

El 17 de junio de 1917 comenzaron las obras del primer tramo de la línea 1. En el plazo de dos años y tres meses, momento en el cual vencía la fecha prometida para su inauguración, la Compañía Metropolitano Alfonso XIII inaugura los primeros 3.598 metros de la red de Metro. Con un total de ocho estaciones se conectan entre sí la barriada obrera de los Cuatro Caminos con el centro de la población en la Puerta del Sol a través de esta primera línea Norte - Sur. En 1944, con la inauguración de la línea 4, Línea de los Bulevares, se cierra esta primera etapa del ferrocarril subterráneo de Madrid con un total de 26 km de túneles y 42 estaciones.

Esta comunicación se realiza en el marco de las investigaciones que estoy llevando a cabo para mi tesis doctoral, incluida en el Programa de Doctorado en Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid y en la cual se analiza el proceso constructivo del primer tramo desarrollado, Sol-Cuatro Caminos, así como la evolución de dicho sistema durante la ejecución de las cuatro primeras líneas, pertenecientes al proyecto original que obtuvo la concesión, ya que algunas de sus características se fueron modificando, adaptándose a criterios de funcionalidad y mejora técnica.

CARACTERÍSTICAS DE LA RED

Todo este nuevo sistema ferroviario subterráneo se proyecta con doble vía del mismo ancho que la de los tranvías de Madrid: 1,445 m., con pendientes má-

ximas del 4% y radio mínimo de curvatura de 90m. La longitud de las estaciones es de 60 m. (donde se da cabida a trenes compuestos por cinco coches) y la distancia media entre ellas es de 500 m. A estos desarrollos longitudinales hay que añadir, en las estaciones de término, la prolongación del túnel 100 m. más para permitir el retroceso de los trenes.

Se diseñan coches de 2,40 m. de ancho y 12 m. de largo (su capacidad es de 400 viajeros), movidos mediante toma de corriente eléctrica por pantógrafo e hilo aéreo. El ancho tipo de andenes es de 3 m. si bien se llega a los 4 m. en las estaciones de mayor importancia (figura 1). La sección de la bóveda es la de un arco elíptico de catorce metros de luz exterior, que cubre la doble vía central y los dos andenes laterales. (Otamendi 1918)

EL PRIMER TRAMO: SOL - CUATRO CAMINOS

Inaugurado el 17 de octubre de 1919 este primer desarrollo de la línea 1, presenta en su trazado dos tramos claramente diferenciados por las distintas soluciones técnicas que requirieron en su construcción. En uno y otro se emplearon sistemas constructivos diferentes debido a la distinta profundidad a la que se tuvieron que ejecutar.

Tramo Sol - Glorieta de Bilbao. Método belga

El tramo que va de Sol hasta la Glorieta de Bilbao discurre por las calles de la Montera y Fuencarral y afecta a tres estaciones: Sol, Red de San Luis y Hos-

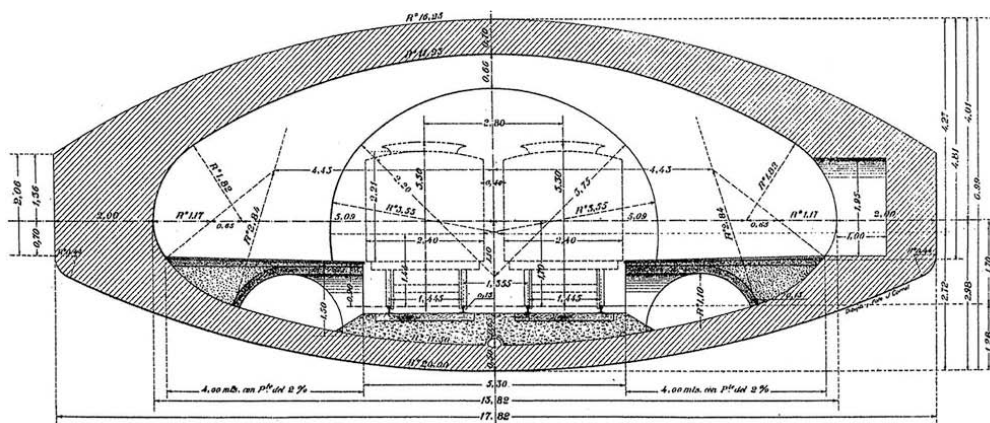


Figura 1
Sección tipo de estación con andén de cuatro metros (Otamendi 1918, 245)

picio. Ambas son muy estrechas y presentaban un tráfico tan intenso que resultaba imposible plantear su ejecución a zanja abierta. Por lo cual, hubo que profundizar lo suficiente para poder salvar los servicios de alcantarillado y distribuciones de agua y luz, e incluso a veces el trazado discurría por debajo de la cimentación de los edificios.

Aparte de estas consideraciones fundamentales en el diseño del proyecto de este tramo en particular, se tuvieron en cuenta todos los condicionantes que afectaban al resto de tramos de la red (cruces con redes urbanas, superposiciones de túneles en los cruces entre líneas...). La profundidad media de esta parte del trazado es de 20 m. por debajo de la rasante de la calle. Por este motivo fue necesario instalar sendos templete de ascensores en las dos estaciones más afectadas por la diferencia de cota: Sol y Red de San Luis. El sistema constructivo empleado fue el sistema belga (llamado así por haber sido utilizado en 1828 en el túnel de Charleroi en Bruselas), que a partir de su uso en el metro es conocido como «método clásico de Madrid». El método belga se basa en la ejecución en primer lugar de la bóveda, en segundo lugar de los hastiales o estribos, la destroza o vaciado de la sección del túnel y por último la ejecución de la solera o contrabóveda (figura 2).

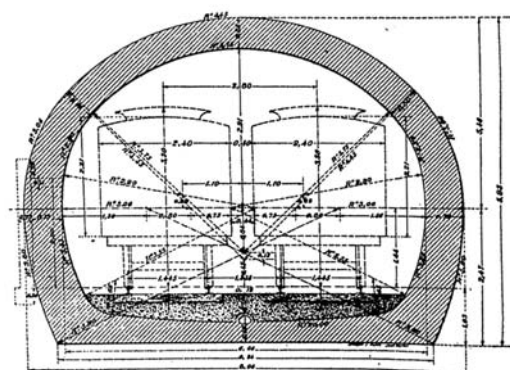


Figura 2
Sección tipo de túnel ejecutado con el sistema belga (Otamendi 1918, 246)

de 3 m. de alto y 1,60 m. de ancho, a la vez que se va entibando con perfiles de madera. Una vez asegurada esta parte central se empieza a ensanchar por ambos lados, excavando en el terreno hasta llegar al trasdós de la bóveda, conteniendo las tierras mediante el apuntalamiento progresivo a medida que progresa la excavación. Estas cimbras en forma de abanico se van colocando cada 1,25 m. (figura 3).

Una vez afianzada la sección del túnel y extraídas las tierras, a continuación, se comienza a levantar la sección de la bóveda con fábrica de ladrillo, subiendo simultáneamente desde sus dos arranques para cerrar en la clave. De este modo,

Túneles

Se comienza abriendo por medios manuales la galería de avance (galería de clave de bóveda) en calota

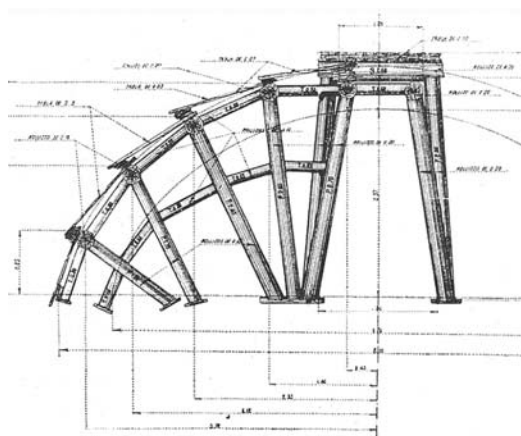


Figura 3
Entibación en abanico. Las dimensiones de las diversas piezas son exactamente iguales en todas las entibaciones del túnel (Otamendi 1921, 34)

cuando ya se han ejecutado los dos tramos de bóveda de 1,25 m. de ancho a ambos lados de cada cimbra, ésta se desmonta para volver a ser utilizada en un nuevo tramo y sustituida por su correspondiente anillo de ladrillo.

Construida la bóveda se pasa a la ejecución de los estribos. Se excavan, descalzando la bóveda que hasta ese momento apoyaba directamente sobre el terreno, en tramos de 2 m. de longitud, nunca enfrentados los de uno y otro lado para evitar debilitar en exceso cada anillo de la bóveda. Se ejecutan en ladrillo y mampostería. Finalizados los estribos se procede al vaciado de tierras o destroza hasta el nivel de la solera, la cual se realiza con hormigón. La construcción avanzaba por anillos sucesivos de 2,5 a 5 m. de longitud dependiendo del tipo de terreno así que el avance mensual llegó a ser de entre 30 a 40 metros en cada pozo de ataque.

Para optimizar los tiempos empleados y economizar medios y esfuerzos se estableció que las dimensiones de la galería de avance fueran siempre las mismas en cada sección (ensanche, longitud de los anillos, estribos, etc.) para así poder reducir al mínimo el trabajo a pie de obra. Gracias a lo cual, las diversas piezas de las cimbras en abanico eran exactamente iguales en todas las entibaciones del túnel por lo que también fácilmente intercambiables.

Las cimbras, que en las primeras líneas eran todas de madera, fueron siendo sustituidas a partir de 1923 por cimbras de hierro fabricadas en Luxemburgo, ejecutadas con un tipo de perfil especial cuya resistencia era superior a la media de los perfiles normales. El espesor era constante en las alas, en lugar de reducirse hacia los extremos como sucedía en los perfiles convencionales, y el ancho de las alas era especialmente mayor, resultando ser de la misma dimensión que la altura del propio perfil. (Otamendi 1923, 9)

La idea inicial fue la de emplear como único material el hormigón pero las circunstancias del momento impidieron la fluidez necesaria del suministro de cemento y piedra por lo que se recurrió a otros materiales: las bóvedas en túnel, como ya se ha comentado, eran de ladrillo, los estribos de mampostería o ladrillo y únicamente las soleras se ejecutaban en hormigón de 300 kg de cemento por m³ de arena.

Estaciones

El sistema constructivo empleado es el mismo que el de los túneles pero con una importante diferencia: debido a la mayor luz de la bóveda (que en lugar de ser de 6 m. pasa a ser en las estaciones de 14 m.), se invierte el orden de construcción de los elementos. En este caso se construyen en primer lugar los estribos, siguiendo después el mismo orden: galería de avance, ensanche, fábrica de la bóveda, destroza y solera.

Se construyen los 60 m. de cada estribo (longitud de la estación), dejando en su interior una galería visitable que es macizada en el último momento por los obreros, los cuales van retrocediendo desde el extremo o piñón hasta el pozo de trabajo.

Cada estribo tiene un ancho de 1,85 m., y se compone de varias hojas, dos exteriores de fábrica de ladrillo y una central de mampostería y hormigón. La hoja exterior en contacto directo con el terreno es de 1 pie de ladrillo macizo. La parte central realizada en su zona inferior de hormigón para enlazar con la solera, se traba con la fábrica de ladrillo hasta una altura de 0,75 m., y el resto se ejecuta con mampostería de relleno. La hoja interior que adopta la forma del arranque de la bóveda para el asiento de las cimbras tiene un espesor de entre 2 y 2½ pies de ladrillo. (Otamendi 1921,35)

Figura 5
Fotografía de la construcción del vestíbulo de la estación
de Príncipe de Vergara. En el terreno se ha preparado el
molde para hormigonar la bóveda del vestíbulo (Otamendi
1924b, 10)

dir los establecidos en la superficie de las calles cuyo natural desarrollo era interrumpido por la realización de las obras. Es necesario el conocimiento de todas las instalaciones existentes en el subsuelo, cuyas profundidades medias son más o menos constantes para cada servicio. Los cables y tuberías de distribución de Unión Eléctrica Madrileña y Compañía Electra, suelen encontrarse hasta los 2 m. de profundidad. Las arterias de alimentación del Canal de Isabel II y de Santillana llegan a profundidades de 4 m., y se sitúan normalmente en galerías. Las alcantarillas alcanzan profundidades de entre 6, 8 y hasta 10 m. mientras que los viajes antiguos se encuentran o bien muy superficiales o bien a profundidades mayores.

Todos los servicios del subsuelo que se encuentren dentro del trazado, han de desviarse con anterioridad a la ejecución de la obra, siendo la modificación del alcantarillado el que mayor impacto tiene sobre el proyecto, no sólo por su importancia económica sino por la previsión en plazos de ejecución que requiere, ya que el desvío de esta instalación era necesario acometerlo no sólo con anterioridad a la ejecución del tramo de obra correspondiente sino también a la instalación del pozo de ataque (Calzado 1944)

Y aunque en principio pudiera parecer adecuada la adopción de trazados profundos para el metropolitano para así poder evitar los encuentros con la red de alcantarillado, pasando por debajo de los desagües naturales, lo accidentado del terreno de Madrid obligaría a profundidades excesivas que habrían hecho impracticables los accesos al metro para los viajeros.

Hubo que rehacer gran parte del sistema de alcantarillado y en numerosas ocasiones se tuvieron que modificar canalizaciones del Canal de Isabel II, de la Hidráulica Santillana, las de conducción de gas, así como los cables subterráneos de luz y de teléfono. En superficie a veces fue necesario trasplantar el arbolado e instalar puentes metálicos de hasta 10 m. de luz sobre las zanjas de construcción de los túneles para no tener que interrumpir el servicio de circulación de los tranvías.

Estaciones

En el proyecto de esta primera fase del metro se llevó a cabo un exhaustivo estudio previo en el que se tuvieron en cuenta no sólo las necesidades del mo-

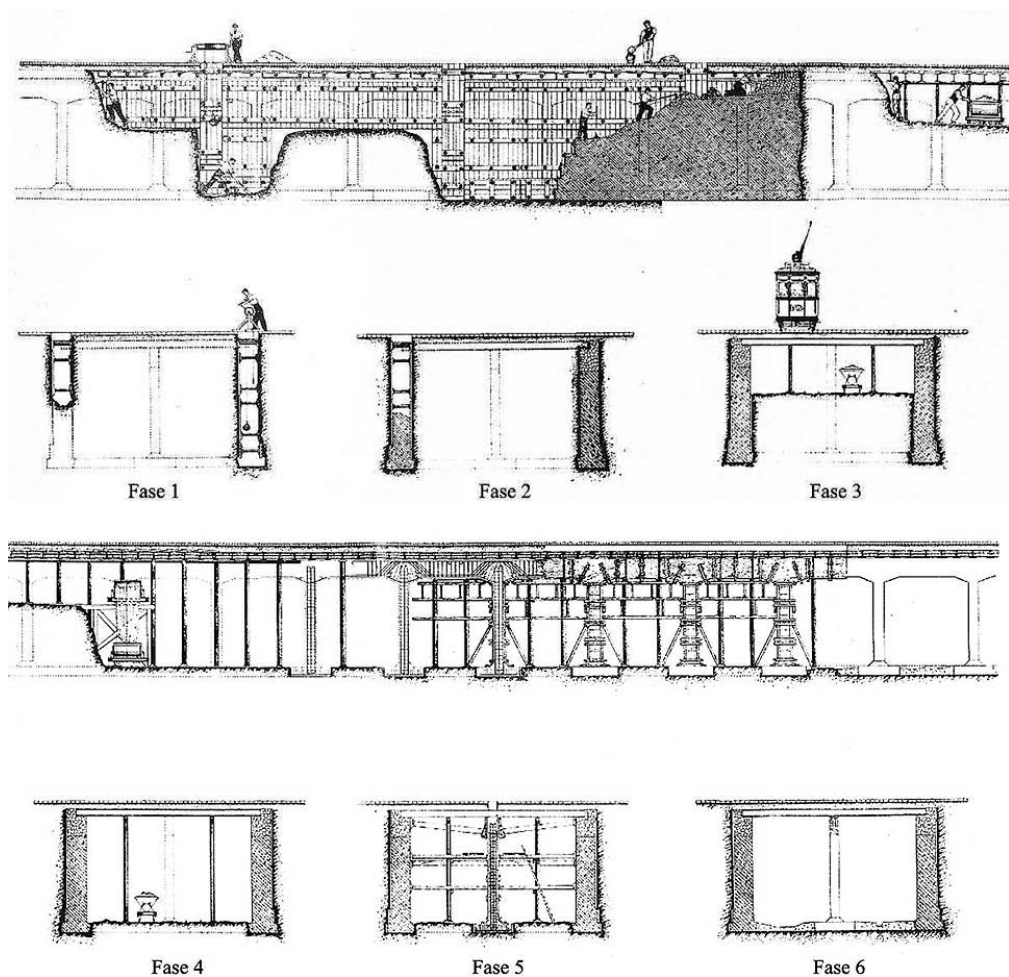
mento sino también las futuras, ya que los errores cometidos al principio serían prácticamente imposibles de corregir después. Por este motivo se tuvo especial cuidado en el planteamiento de las futuras prolongaciones de líneas y sus enlaces con las restantes de la red, para que así las conexiones pudieran realizarse con la máxima facilidad y sin alterar el funcionamiento de los tramos ya en explotación.

Así, cuando se lleva a cabo el tramo Ventas-Sol de la línea 2, se tienen en cuenta los futuros enlaces con otras líneas: en Goya se construyó el telescopio de enlace con la línea de los Bulevares, en Retiro se construyó la estación con triple vía y se ejecutaron las galerías de cruce con la línea del Barrio Salamanca y en la estación del Banco de España se construyó también el telescopio de enlace con la línea de la Gran Vía y se dejaron los accesos preparados para adosar la nueva estación. No obstante, y pese a estos esfuerzos de planificación, no todas estas futuras líneas se llevaron a cabo ya que finalmente ni la línea de la Gran Vía ni la del Barrio Salamanca llegaron a materializarse.

Puntos del trazado con soluciones especiales

Paso de Cibeles. En el tramo Ventas – Sol el paso por debajo de la plaza de la Cibeles resultó sumamente complicado debido al poco margen que existía entre la cota de la galería del Canal de Isabel II y de los grandes colectores y alcantarillas que discurrían por la vaguada de la Castellana y Recoletos y la cota del pavimento de la calle. Al ser esta la zona más baja del trazado el túnel tuvo que llevarse lo más superficial posible para poder cruzar por encima los servicios urbanos (figuras 6 y 7). Para ello fue necesario reducir al mínimo la altura del túnel recurriendo a la sección de techo plano (Otamendi 1924a, 223).

Estación de Sol. La estación correspondiente al primer tramo de la línea 1 Sol-Cuatro Caminos, Sol I, se construyó a una cota de carriles de 14 m. bajo el pavimento con la intención de que por encima de su trasdós quedara espacio suficiente para el túnel de la línea Este-Oeste y para la galería visitable del Canal de Isabel II. Al construirse Sol II (estación de la línea 2 Sol-Ventas) se estudiaron concienzudamente todos los flujos posibles de circulación; se distinguieron tres grandes masas de viajeros: los que acceden des-



Figuras 6 y 7

Túnel con techo plano en el paso de la Cibeles. Sistema de ejecución. Sección longitudinal de avance y secciones transversales (Otamendi 1924b)

de la calle, los que transbordan y por último los que salen, y se proyectaron los recorridos de tal modo que sus circulaciones se produjeran por trayectorias independientes a través de anchas galerías que condujeran a cada viajero a su destino (figura 8).

ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Las obras del primer tramo Sol – Cuatro Caminos se hicieron por contrata pero una vez visto el éxito

financiero de la explotación la Compañía decide hacerse cargo de los trabajos de obra. Era necesario activar cuanto fuese posible la construcción de las distintas líneas que formaban la red y para poder realizarlo rápidamente se decide crear una gran instalación capaz de dar el impulso necesario a los trabajos.

La Compañía tomó la decisión de adquirir cuantos medios auxiliares fueran necesarios ya que no consideraba prudente depender totalmente de las industrias privadas madrileñas, en lo referente al transpor-

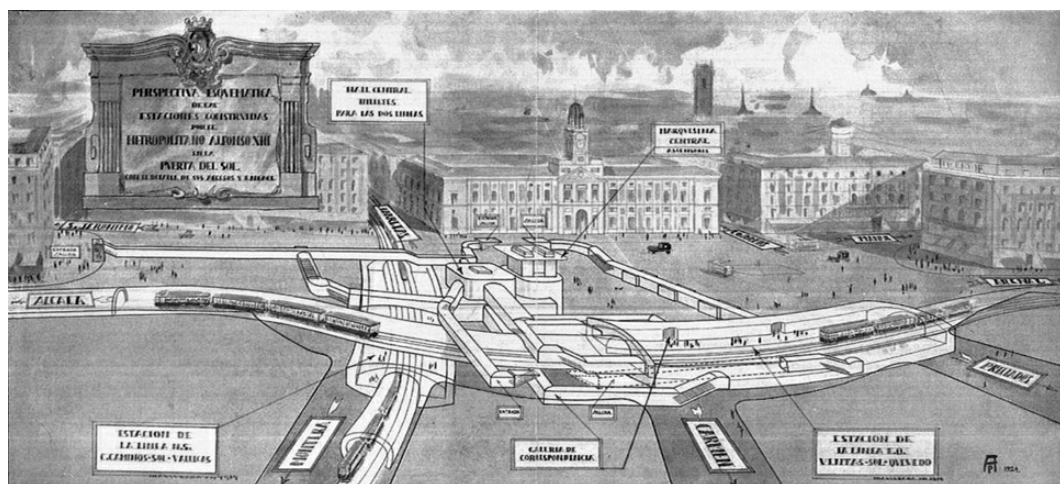


Figura 8

Perspectiva esquemática de los accesos de las estaciones de la Puerta del Sol realizada por Antonio Palacios, arquitecto oficial de la Compañía Metropolitano Alfonso XIII hasta 1945 (Otamendi 1924b)

te de tierras y materiales, la labra de maderas, el abastecimiento de ladrillos y piedra, etc... y para ello adquirió en 1921, cerca de la futura estación de Pacífico, una gran extensión de terreno, 20.000m2 con fachada, entre otras, a la calle Valderribas. Se instalaron aquí todos los talleres de construcción, almacenes, garaje, depósitos, etc... Esta centralización de los núcleos de trabajo facilitaba su vigilancia y primaba la eficacia de la ejecución.

A partir de este momento se concentran en este punto los talleres de cerrajería, forja y reparación de camiones, montacargas, grúas, etc., (en una nave de 50 por 20 metros, con sus tornos, máquinas de roscar, sierra para cortar metales, prensa, taladradoras, fragua, aparato de soldadura autógena, etc.), los talleres de carpintería (con sus sierras de cinta, grúa para el manejo de troncos, máquinas para molduras...), los almacenes de cemento (en una nave de 70 por 20 metros, donde se pueden llegar a almacenar hasta 350 vagones de cemento), un parque de camiones de 2.500 m2 con capacidad suficiente para 50 vehículos, cuadras de 420 m2, cobertizos, oficinas, un depósito subterráneo de gasolina de 30.000 litros un patio de 8.000 m2 para depósito de vías, vagonetas y almacén aislado de maderas.

La Compañía además poseía varios tejares donde se fabricaban los ladrillos corrientes; el de la Bodega, en el término de Canillas de casi 20.000m2 de

superficie donde se podían llegar a fabricar en una campaña 2.500.000 de ladrillos, el de la Princesa, a orillas del Manzanares, junto al puente del mismo nombre, de casi 16.000 m2 con capacidad para producir 2.000.000 por campaña, y el más importante, el de la Elipa, en las proximidades de las Ventas, de 42.500m2 y cuyas tierras estaban clasificadas entre las mejores de Madrid. En este último la producción diaria era de 60.000 ladrillos, llegando a completar cada campaña con 5.000.000. Con este conjunto de instalaciones se adquirió la seguridad de que en ningún momento faltaría en las obras este material tan básico.

La piedra procedía, en su mayor parte del río Jarama, junto a Arganda. Era transportada en camiones hasta su estación de ferrocarril y llevada desde allí hasta la estación del Niño Jesús. Como en las proximidades de esta estación se encontraban los vertederos más importantes de la capital, los camiones que descargaban en ellos las tierras extraídas de las galerías aprovechaban el viaje de regreso a los pozos cargando la piedra recibida, consiguiéndose una importante economía de medios.

No obstante, y pese a todos los esfuerzos de producción, la intensidad con que se realizan las obras del Metropolitano exige, además, adquirir ladrillos, piedra, mampostería, etc. a diversas entidades parti-

culares. Por ejemplo, la industria tejera de Madrid es la que proporciona el ladrillo cerámico empleado en las bóvedas de las estaciones y además colabora con el suministro del ladrillo corriente.

La elevación de tierras se realiza, en los pozos de ataque principales utilizando grúas o montacargas eléctricos mientras que para la descarga de las tierras extraídas en los vehículos que debían llevarlas al vertedero se ensayaron diversos sistemas. En el tramo Sol - Cuatro Caminos y Sol - Atocha se emplea el sistema de tolvas, las cuales se instalan en los pozos de ataque para depósito de tierras y así facilitar la operación de carga de los camiones. Si bien a partir del tramo Atocha - Vallecas se desestima su uso pues ocupa un gran espacio, es caro de instalar y su funcionamiento es deficiente, ya que aun disponiéndolas con pronunciada pendiente las tierras se adhieren a sus paredes y requiere que personal complementario se encargara de desatrancarlas.

Se ensaya también el rosario de canjilones, importado de América, que funciona como una noria mediante la que se elevan las tierras desde la rasante de la calle hasta el interior de los camiones, pero las averías resultan ser demasiado frecuentes y el método es también descartado.

Con el que mejor resultados se obtuvieron fue con la instalación en cada pozo de un muelle elevado, de doble vía Decauville a una altura suficiente sobre la calle para que al bascular de costado cada vagoneta pudiera verter directamente las tierras sobre el carro o camión que las llevaría al vertedero (figura 9). Las vagonetas se elevaban del pozo llenas de tierras en el montacargas, pasaban a una de las vías del muelle donde descargaban su carga, para una vez vacías pasar a la otra vía y ser de nuevo montadas en el montacargas para bajarlas hasta el punto de extracción.

En los casos en que los trabajos se encontraban próximos a un vertedero, se prescindía del muelle elevado y las propias vagonetas iban formando un tren que era arrastrado por una locomotora de gasolina. Durante todo el proceso constructivo se intenta siempre sacar el máximo partido de los recursos disponibles, prueba de ello es que las tierras procedentes del túnel se llevan al tejat de la Princesa donde se emplean en la fabricación de los propios ladrillos. Como dice Otamendi: «...resultando así un aprovechamiento curioso el de estas tierras, que extraídas para abrir nuestra galería, vuelven poco después a ella en forma de ladrillos, para sustentarlas» (Ota-

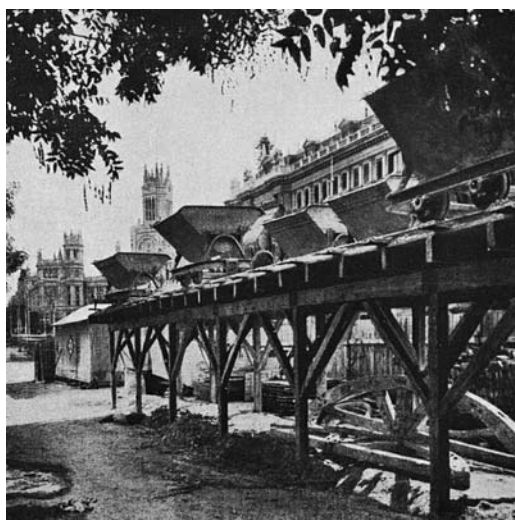


Figura 9
Muelle elevado con doble vía Decauville en el pozo de trabajo de Banco de España. (Otamendi 1924b, 6)

mendi 1921,35). En el tramo Atocha - Vallecas las tierras extraídas se emplearon en gran parte para formar el Paseo de Ronda de 40 m. de anchura, en la zona próxima a Pacífico. Toda la madera empleada en las obras (cimbras, tolvas, entibaciones, vallas, escaleras, casetas,...) se compra al por mayor directamente en los bosques y se labra en los talleres de carpintería de la Compañía, siendo enviadas al tajo con las medidas exactas a fin de facilitar su montaje en la obra.

MATERIALES Y ACABADOS

En los vestíbulos y estaciones, para conseguir hacer atractivos espacios subterráneos sin iluminación natural, además de construir con amplias dimensiones y a la menor profundidad posible para que pudieran estos espacios estar iluminados cenitalmente, tal como comenta Antonio Perla: «el empleo de forma exhaustiva de la azulejería en absolutamente todos los espacios y recovecos [...], fue la clave para lograr la luminosidad de los mismos». (Perla 2001, 289-300) Se alicatan paredes y techos con dos tipos de azulejo; uno blanco de formato rectangular biselado que se emplea como elemento de cubrición general y otro

decorativo empleado de manera selectiva para significar los elementos en los cuales se dispone. El azulejo blanco procedente de Onda, se coloca de distintas maneras según el paramento y el lugar en el que esté, así encontramos diferentes disposiciones según se trate de un pasillo de circulación, un vestíbulo o un andén (figura 10).



Figura 10

Encuentro de la bóveda del vestíbulo de la estación de Chamberí con las embocaduras de los pasillos de acceso a los andenes. (Foto de la autora 2012)

Estaciones

Tanto las paredes como las bóvedas de las estaciones se recubrían con el ya mencionado azulejo blanco biselado. En las paredes se colocaban numerosos carteles publicitarios llenos de colorido, también cerámicos, enmarcados por una ancha faja de azulejos sevillanos compuesta a su vez de varias cenefas con diversos motivos: dos líneas de azulejos de formato rectangular en color verde oliva intenso entre las cuales discurría una cenefa el doble de ancha con motivos florales con reflejos cobrizos sobre fondo azul. Como remate contra el resto de la pared de azulejos blancos se colocaba una última cinta dorada con relieve que se asemejaba a una cuerda enroscada. Las embocaduras de los pasillos de acceso a los an-

denes, los testeros de los túneles y sus boquillas se decoraron también con este azulejo sevillano, componiendo un resultado «altamente decorativo de marcado estilo español» (Otamendi 1919, 12).

Vestíbulos

El empleo de la cerámica decorativa también se usa para dar suntuosidad a los vestíbulos. Además de los recursos decorativos ya mencionados se emplearon artesonados y altorrelieves de Toledo con escudos de las provincias españolas en los vestíbulos de las estaciones de mayor relevancia. Se buscaba la singularidad, así lo explicaba Miguel Otamendi:

Se ha cuidado de no caer en el defecto de la mayoría de los metropolitanos extranjeros, en los que adoptado un tipo de estación y de vestíbulo de ingreso, pobremente decorado, se repite incesantemente; en el metropolitano madrileño, es preciso atraer a un público acostumbrado a la viva luz exterior de sus calles y paseos, y para ello es necesario que sus vestíbulos y estaciones sean claros, alegres, prestándose a ello perfectamente la rica variedad de cerámicas de las diversas regiones españolas. (Otamendi 1945, 14)

TIPOS DE ESTACIONES. ESTACIONES DE ENLACE; CRECIMIENTO Y SUPERPOSICIÓN

Existen tres tipos básicos de estación: la estación de cabecera o de término, la estación intermedia y por último, la de transbordo o correspondencia. Las características tipo de la red son de aplicación a las estaciones intermedias, mientras que a las estaciones de comienzo y final de línea, como sucedió en el primer tramo que fue inaugurado: Sol - Cuatro Caminos se las consideró de mayor relevancia. Por ello además de tener mayores dimensiones, por ejemplo de andenes, se hizo hincapié en su decoración. En este caso se trataba de las dos estaciones clave, ya que el éxito del tramo se fundamentaba en la conexión directa que suponía la línea entre el centro de la capital, Sol, con la populosa barriada de los Cuatro Caminos, que en aquel momento se encontraba en pleno proceso de crecimiento urbanístico.

Atención especial merecen las estaciones de transbordo y correspondencia entre líneas, ya que su crecimiento a lo largo del tiempo es de especial interés.

Se produce la macla entre túneles, accesos, vestíbulos y un intrincado laberinto de pasillos. Estaciones como Sol, Cuatro Caminos o Goya constituyen el mejor ejemplo de esta arquitectura subterránea.

CONCLUSIONES

La construcción de la primera línea del Metro de Madrid supuso un hito tanto para las comunicaciones de una capital colapsada por el cada vez más intenso tráfico en superficie como para la Historia de la Construcción en España. Era la primera vez que se realizaba una empresa de tal envergadura capaz de construir un túnel ferroviario que atravesase Madrid de norte a sur, y además, aplicando sistemáticamente un método constructivo: el sistema belga de construcción en galería de túnel. Muestra del éxito que tuvo el empleo de este método lo constituye el tiempo récord en el que se ejecutaron las obras (dos años y tres meses) y el hecho de que a partir de entonces se denominara método tradicional de Madrid. El entusiasmo y la decisión de la dirección de la Compañía (los ingenieros Otamendi, Echarte y Moreno), y la calculada organización de los trabajos fueron claves en el éxito de la empresa.

Esta comunicación supone un breve acercamiento a los procesos constructivos, al empleo de materiales, a las obras accesorias necesarias e imprescindibles, a la organización de los trabajos, etc., a través del cual podemos ver con la perspectiva que el paso de tiempo otorga la gran complejidad del proyecto y su ejecución para el momento en el que tuvo lugar.

Tanto el planteamiento general, como las estrategias de ampliación de recursos y medios y la fijación de los plazos de ejecución fueron totalmente acertados. La apuesta que la Compañía hizo por la construcción de todas las líneas del proyecto original demostró el éxito de la empresa. Cuando el 23 de marzo de 1944 se inaugura la última línea de esta etapa del metro, la línea de los Bulevares, se consigue un punto clave del trazado del metropolitano: se

convierte por fin en una red mallada con centro en Sol. Por eso no es de extrañar que poco menos de un año después, en un solo día, se llegara a transportar un millón ciento cincuenta mil viajeros, lo que en aquel momento suponía el 90 por ciento del censo de Madrid (Moya 1990).

LISTA DE REFERENCIAS

- Calzada, Mariano. 1944. «La nueva línea de bulevares del Metropolitano de Madrid. Desviación de colectores en la plaza de Colón». *Revista de Obras Públicas*. N° 2747, 104-111. Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.
- Moya, Aurora. 1990. *Metro de Madrid 1919-1989. Setenta años de historia*. Madrid: Metro de Madrid.
- Otamendi, Miguel. 1918. «Las obras del Metropolitano Alfonso XIII. Línea Sol-Cuatro Caminos». *Revista de Obras Públicas*. N° 2225, 245-250. Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.
- Otamendi, Miguel. 1919. *Metropolitano Alfonso XIII*. Madrid: Compañía Metropolitano de Madrid.
- Otamendi, Miguel. 1921. *Metropolitano Alfonso XIII, Trozo Sol-Atocha*. Madrid: Compañía Metropolitano de Madrid.
- Otamendi, Miguel. 1923. «Las obras del Metropolitano Alfonso XIII. Trozo Atocha-Vallecas». *Revista de Obras Públicas*. N° 2380, 6-11. Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.
- Otamendi, Miguel. 1924a. «Las obras del Metropolitano Alfonso XIII. Línea Este-Oeste (Trozo Ventas-Sol)». *Revista de Obras Públicas*. N° 2407, 221-225. Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.
- Otamendi, Miguel. 1924b. *Metropolitano Alfonso XIII: línea este-oeste, trozo Ventas-Sol*. Madrid: Compañía Metropolitano de Madrid.
- Otamendi, Miguel. 1945. *El ferrocarril metropolitano de Madrid: Metro años 1917-1944*. Madrid: Compañía Metropolitano de Madrid.
- Perla, Antonio. 2001. «Antonio Palacios y la cerámica: luz y color en la arquitectura». *Antonio Palacios, constructor de Madrid*. Madrid: La Librería.